

УДК 556.043+614.8.084

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ СТОКА Р. ОРЕДЕЖ В РАЙОНЕ Д. ЧИКИНО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО ВОДНОТРАНСПОРТНЫМ СИСТЕМАМ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Волкова Надежда Александровна<sup>1,2</sup>, Шарков Григорий Алексеевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация.** Целью исследования являлся анализ изменчивости стока р. Оредеж на основе многолетних данных гидрологических наблюдений (1953–2023 гг.) для оценки безопасности движения по местным воднотранспортным системам. В работе использованы статистические методы, включая критерии Стьюдента и Фишера для проверки трендов и однородности данных, а также построение кривых обеспеченности Крицкого — Менкеля. Результаты показали значимый тренд роста среднегодового стока с 3,38 до 4,86 м<sup>3</sup>/с, что свидетельствует об изменении гидрологического режима реки, вероятно, связанного с климатическими факторами. При этом ряд максимальных расходов оставался статистически стационарным, что указывает на устойчивость экстремальных гидрологических событий. Выявлены два квазистационарных периода (1953–1981 гг. и 1984–1998 гг.), характеризующихся разными нормами стока и сезонным распределением. Для практического применения построена кривая расходов  $Q = f(H)$ , позволяющая прогнозировать уровни воды в диапазоне от 45 до 181 см. Полученные данные подчеркивают необходимость регулярного обновления гидрологических моделей в условиях меняющегося климата. Результаты исследования могут быть использованы для планирования судоходных маршрутов, оценки рисков подтопления и разработки мер по обеспечению безопасности водного транспорта на р. Оредеж. Работа также демонстрирует важность учета долгосрочных изменений стока при управлении водными ресурсами в регионе.

**Ключевые слова:** внутренние водные пути, безопасность, сток реки, водный режим, река Оредеж

**Для цитирования:** Волкова Н. А., Шарков Г. А. Анализ изменчивости стока р. Оредеж в районе д. Чикино для обеспечения безопасности движения по воднотранспортным системам местного значения // Техносферная безопасность. 2026. № 2 (51). С. 180–194.

## ANALYSIS OF RUNOFF VARIABILITY OREDEZH NEAR THE VILLAGE OF CHIKINO TO ENSURE TRAFFIC SAFETY ON LOCAL WATER TRANSPORT SYSTEMS

Nadezhda A. Volkova<sup>1,2</sup>, Grigory A. Sharkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup>Arctic and Antarctic Research Institute, Saint Petersburg, Russian Federation

**Abstract.** The aim of the study was to analyze the variability of the Oredezh River runoff based on long-term hydrological observations (1953–2023) to assess the safety of traffic on local water transport systems. The paper employs statistical methods, including Student's and Fisher's tests for testing trends and data homogeneity, and the construction of Kritsky – Menkel probability curves. The results show a significant upward trend in average annual runoff from 3.38 to 4.86 m<sup>3</sup>/s, indicating a change in the river's hydrological regime, probably related to climatic factors. At the same time, a number of maximum discharges remained statistically stationary, indicating the stability of extreme hydrological events. Two quasi-stationary periods (1953–1981 and 1984–1998) characterized by different discharge rates and seasonal distributions are identified. For practical use, a discharge curve  $Q = f(H)$  is constructed, allowing water levels to be predicted in the range from 45 to 181 cm. The data obtained emphasize the need for regular updating of hydrological models in the face of a changing climate. The results of the study can be used to plan shipping routes, assess flood risks, and develop measures to ensure the safety of water transport on the Oredezh River. The work also demonstrates the importance of taking into account long-term changes in runoff when managing water resources in the region.

**Keywords:** inland waterways, safety, river runoff, water regime, Oredezh River

**For citation:** Volkova N. A., Sharkov G. A. Analysis of runoff variability Oredezh near the village of Chikino to ensure traffic safety on local water transport systems // Technosphere safety. 2026. No. 2 (51). P. 180–194.

## Введение

Река Оредеж, протекающая в Ленинградской области, играет важную роль в местной экосистеме и потенциально может использоваться для водного транспорта и туризма. Однако в последние десятилетия ее гидрологический режим подвергается изменениям, вызванным как природными факторами (изменение климата, колебания осадков), так и антропогенным воздействием (регулирование стока неработающими ГЭС, загрязнение). В связи с этим актуальной задачей становится анализ изменчивости стока для оценки безопасности судоходства и прогнозирования возможных рисков, таких как обмеление или паводковые явления [1, 2].

В настоящее время водные пути местного значения, включая Оредеж, остаются

недостаточно изученными с точки зрения долгосрочных гидрологических изменений. Прекращение регулярных путевых работ, отсутствие систематического мониторинга и устаревшие данные затрудняют принятие решений по управлению водными ресурсами. Особое значение приобретает исследование динамики стока, включая средние и экстремальные расходы воды, а также их сезонную изменчивость [3].

Целью данной работы является анализ многолетних данных (1953–2023 гг.) по стоку р. Оредеж в районе гидрологического поста д. Чикино с использованием статистических методов и построения кривых обеспеченности. Результаты исследования позволят уточнить гидрологические характеристики реки, оценить влияние климатических изменений на ее режим

и предложить рекомендации по обеспечению безопасности водного транспорта. Полученные данные могут быть использованы при планировании речных перевозок, разработке мер по предотвращению паводков и обновлении нормативной базы для малых водных путей региона.

### Физико-географическое описание реки

Оредеж — средняя по площади своего водосбора река, протекающая по территории Ленинградской области через Вологовский, Гатчинский и Лужский районы. Истоком реки является Кюрлевский карьер с площадью зеркала 0,7 км<sup>2</sup> возле д. Село (Волосовский р-н), а впадает она в реку Луга по правому берегу возле пос. Плоское (Лужский р-н).

Длина реки — 192 км, площадь водосборного бассейна — 3 220 км<sup>2</sup>. Разница в высотных отметках Балтийской системы между истоком и впадением в Лугу составляет примерно 75 м, что дает уклон в 0,00039 ‰. Средние глубины колеблются в интервале 0,5–2 м, а скорость течения — 0,1–0,6 м/с.

Бассейн реки представляет собой слабоволнистую равнину с грядами песчаных холмов. Долина реки здесь — это сглаженная трапеция местами с широкой поймой. Склоны долины местами обрывистые, обнажается слоистая структура песков и песчаников среднего девона, в них встречаются окаменевшие останки фауны — палеозойских рыб. Песчаники имеют многоярусную слоистость потокового и руслового типа, они слабо сцементированы и имеют тонкие прослойки красных и бурых глин.

Берега Оредежа покрывают луга и рощи, растут смешанные леса (сосна, береза,

осина, ель, ольха, орешник, рябина и черемуха). У воды и на поймах — заросли тростника и камыша, на поверхности воды есть кувшинки и кубышки.

По химическому составу вода в Оредеже слабощелочная, гидрокарбонатный класс (группа кальция), минерализация 180–280 мг/л, радиоактивна. В среднем прозрачность до двух метров. Загрязняется за счет сточных вод вдоль всего русла. Река непригодна для питья и приготовления пищи из-за превышенных норм ПДК и наличия вредоносных бактерий, количество которых возрастает по мере движения вниз по течению.

В верхнем течении ширина колеблется от 15 до 20 м, а в среднем и нижнем — повышается до 30–40 м. В нижнем течении русло реки проходит по древней речной долине, где образовались проточные русловые озера Антоново, Дорогань и Хвойлово (Хвойное). Антоново имеет площадь 2,4 км<sup>2</sup>, Дорогань — 0,6 км<sup>2</sup>, а Хвойное — 2,4 км<sup>2</sup> [4–6].

Гидрологический режим Оредежа обусловливается зарегулированностью каскадом из семи неработающих ГЭС, равнинным типом и смешанным питанием реки с преобладанием подземного и снежного. В верховьях существенную долю питания оказывают карстовые воды.

Ледостав начинается в конце ноября — начале января, вскрывается в апреле. Во время теплых зим река может не замерзать. Дно Оредежа песчаное с тонким слоем ила в верхнем течении, а также встречаются редкие камни или каменистые гряды [5].

Данные за многолетний период о режиме Оредежа получены из наблюдений на гидрологическом посту «д. Чикино» (ранее «Даймищенская ГЭС») в д. Чикино. (рис. 1, 2).



Рис. 1. Участок реки Оредеж с указанием створа д. Чикино, рисунок авторский на основе карт [7]  
 Fig. 1. Section of the Oredezh River with the village of Chikino indicated, authors' drawing based on maps [7]

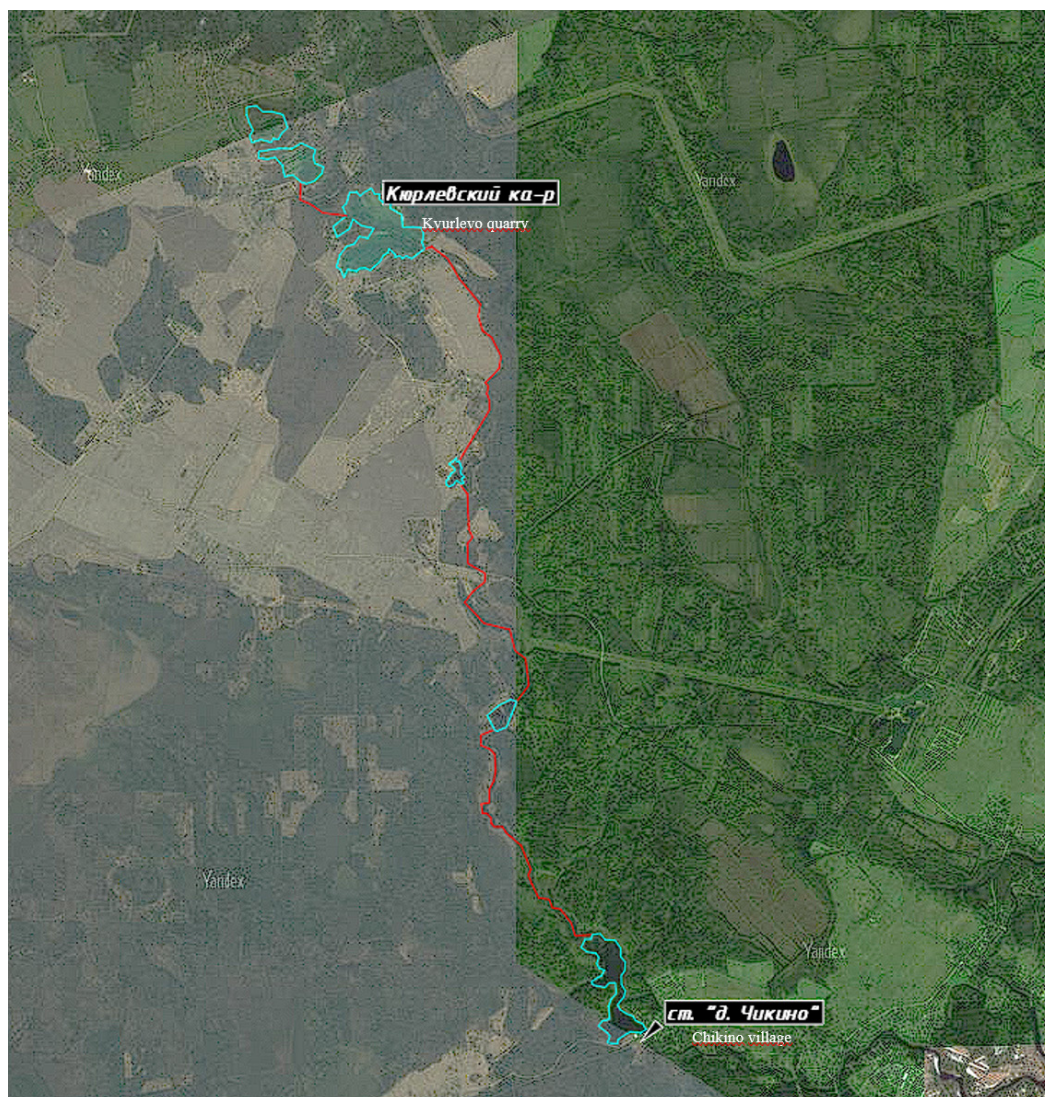


Рис. 2. Часть реки Оредеж до створа д. Чикино с изображением истока — Кюрлевского карьера, рисунок авторский на основе карт [7]  
 Fig. 2. Part of the Oredezh River up to the village of Chikino with an image of the source — the Kyurlevsky quarry, authors' drawing based on maps [7]

Пост располагается в нижнем бьефе Чикинской ГЭС в 30 м от водопропускного шлюза, в 177 км от места впадения в Лугу и работает с 1 апреля 1952 г. по сей день [4, 8]. Код поста 72585. Площадь водосбора в исследуемом створе — 453 км<sup>2</sup>. Отметка нуля поста — 91,11 м Балтийской системы высот (БС) [9, 10]. Объект принадлежит Северо-Западному управлению по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Река довольно извилистая, присутствуют участки с характерными признаками практически всех типов русловых процессов. Ее общий коэффициент извилистости — 2,78. На участке расположения створа (нижний бьеф Чикинской ГЭС) есть русловая много рукавность.

### Методика исследования и фактический материал

В основу исследования легли многолетние данные гидрологических наблюдений на посту д. Чикино:

- 1) ежедневные данные уровней и расходов воды за 1953–2023 гг.;

2) среднегодовые и максимальные расходы воды по данным [11, 12];

3) картографические материалы (топокарты, спутниковые снимки).

Методы исследования:

1. Статистический анализ временных рядов: проверка однородности рядов (критерии Стьюдента и Фишера), выявление трендов, расчет основных статистических характеристик (средние значения, коэффициенты вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s$ ).
2. Гидрологические расчеты: построение кривых обеспеченности Крицкого — Менкеля, разделение на квазистационарные периоды, анализ внутригодового распределения стока.
3. Графические методы: построение гидрографов и кривых расходов  $Q = f(H)$ .

### Результаты исследований

Для анализа рядов среднегодовых и максимальных расходов воды собраны данные из гидрологических ежегодников [11, 12] за период 1953–2023 гг. На графике среднегодовых расходов воды (рис. 3) виден положительный тренд.

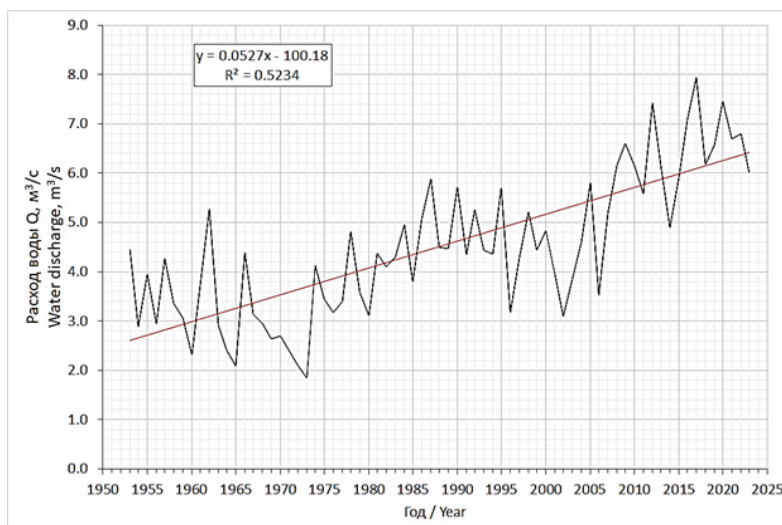


Рис. 3. График среднегодовых расходов воды р. Оредеж — д. Чикино (1953–2023 гг.)

Fig. 3. Graph of average annual water flow rates of the Oredezh River — Chikino village (1953–2023)

Анализ временного ряда среднемесячных расходов воды за период с 1953 г. по 2023 г. выявил наличие статистически значимой неоднородности. Критерий Петтитта (рис. 4) показал, что в 1986 г. произошла точка изменения режима стока ( $p\text{-value} < 0,05$ ).

На рис. 4а представлен хронологический график хода среднегодовых расходов с точкой перелома (1986 г.) и со средними значениями до и после 1986 г. На рис. 4б и 4в представлено сравнение распределений до и после 1986 г.

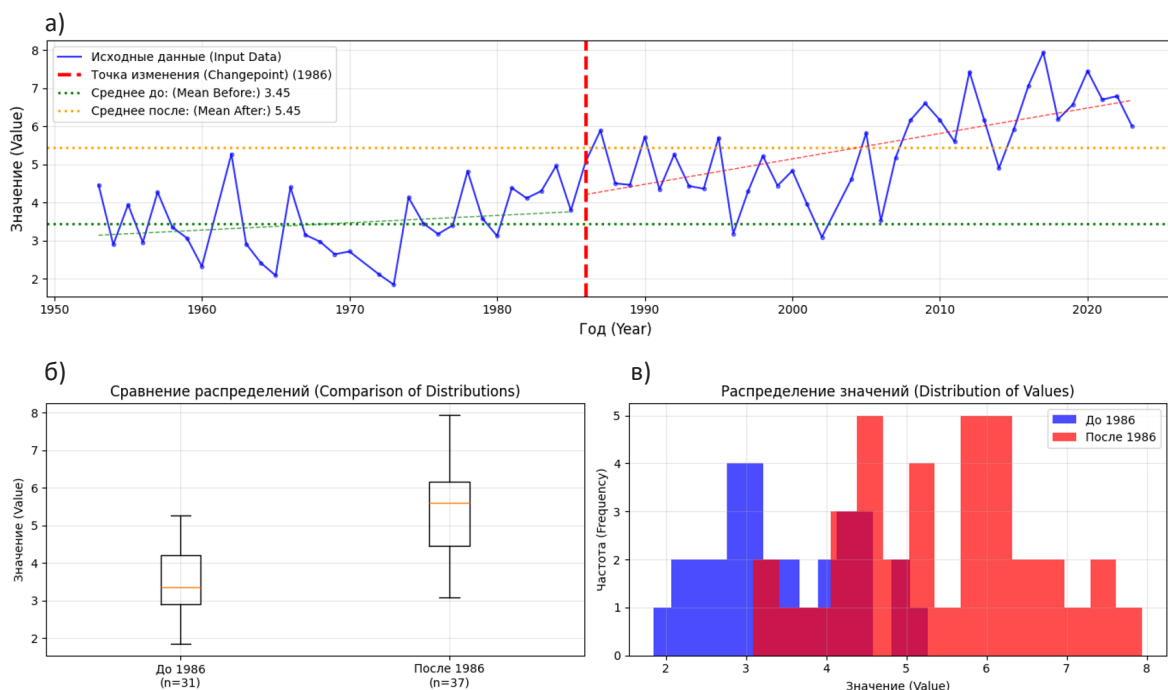


Рис. 4. Результаты использования критерия Петтитта для среднегодовых расходов воды р. Оредеж — д. Чикино (1953–2023 гг.)

Fig. 4. Results of using the Pettitt criterion for average annual water flow rates of the Oredezh River — Chikino village (1953–2023)

Расчет средних значений стока для выявленных периодов демонстрирует существенный рост водности р. Оредеж после 1986 г. (рис. 4б). Так, средний расход воды в период с 1953 г. по 1985 г. составлял  $3,45 \text{ м}^3/\text{с}$ , тогда как в последующий период, с 1987 г. по 2023 г., этот показатель увеличился до  $5,45 \text{ м}^3/\text{с}$ . Таким образом, абсолютный прирост составил  $2,00 \text{ м}^3/\text{с}$ , а относительное увеличение среднемесячного стока достигло 57,8%. Данное изменение может быть связано с комплексом природных и антропогенных факторов, таких как колебания климата, повлиявших на количество осадков и характер таяния снега, а также возможные антропогенные изменения в бассейне реки.

На р. Оредеж есть каскад водопропускных сооружений — семь выведенных из эксплуатации ГЭС. В одной из таких ГЭС в д. Чикино в 2010 г. сменили шлюз, что также повлияло на сток воды из водохранилища, а также появление ледовых явлений. Из-за принципиально иной работы водопропускного сооружения в д. Чикино вода в нижний бьеф поступает, не переливаясь через стенку шлюза, а происходит истечение из-под щита. Из-за обратной температурной стратификации поступающая в русло вода создает полынью в несколько километров.

Из данных графика (рис. 5) следует, что половодье Оредежа плавное и имеет продолжительный спад. Начинается в марте-

апреле и длится вплоть до сентября-октября, когда средне многолетний расход воды

выходит на норму зимней межени, в данном случае — с ноября по март.

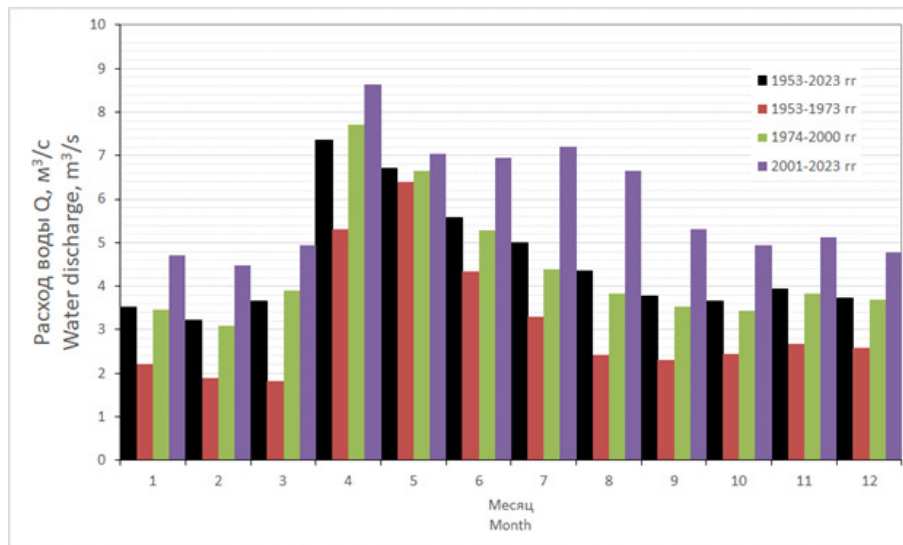


Рис. 5. Гистограмма среднемесячных многолетних расходов воды р. Оредеж — д. Чикино (1953–2023 гг.)

Fig. 5. Histogram of average monthly long-term water discharges of the Oredezh River — Chikino village (1953–2023)

Анализ графика среднемесячных расходов воды р. Оредеж (д. Чикино) (рис. 5):

1. Общая динамика за весь период (1953–2023 гг.) показывает четко выраженный весенний паводок в апреле ( $7,31 \text{ м}^3/\text{с}$ ) с постепенным спадом к осени, второстепенный максимум в ноябре ( $3,91 \text{ м}^3/\text{с}$ ), вероятно связанный с осенними дождями, минимальные расходы в феврале ( $3,19 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

2. Сравнительный анализ периодов:

а) 1953–1973 гг. (ранний период): резко выраженный пик половодья в апреле-мае ( $5,32\text{--}6,40 \text{ м}^3/\text{с}$ ), ярко выраженная летне-осенняя межень ( $2,31\text{--}3,29 \text{ м}^3/\text{с}$ ), минимальные значения в феврале-марте ( $1,90\text{--}1,83 \text{ м}^3/\text{с}$ );

б) 1974–2000 гг. (средний период): увеличение стока во все месяцы на 30–60 % по сравнению с предыдущим периодом, сохранение аналогичного внутригодового распределения, появление более выраженного осеннего подъема;

в) 2001–2023 гг. (современный период): резкий рост расходов во все месяцы (в 1,5–2,5 раза по сравнению с 1953–1973 гг.), сглаживание сезонных различий — разница между максимальным и минимальным расходами сократилась с 4,5 до  $3,8 \text{ м}^3/\text{с}$ , появление летнего максимума (июль —  $7,15 \text{ м}^3/\text{с}$ ), значительное увеличение зимних расходов ( $4,46\text{--}5,15 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

3. Основные изменения представляют собой абсолютный рост стока во все месяцы, особенно в зимний период (февральский расход вырос в 2,3 раза), изменение сезонного распределения, т. е. смещение максимума с апреля-мая на апрель-июль, уменьшение амплитуды сезонных колебаний, исчезновение выраженной летней межени.

Возможными причинами изменений являются климатические (увеличение зимних температур и дождевого питания) и антропогенные (изменение режима работы ГЭС, водозаборов), также возможны изменения

на водосборном бассейне (залесенность, мелиорации).

Следовательно, подтверждается гипотеза об увеличении меженного стока в условиях изменения климата.

Данные рис. 5 демонстрируют трансформацию гидрологического режима р. Оредеж за последние 70 лет, что требует дальнейшего изучения причин и последствий этих изменений.

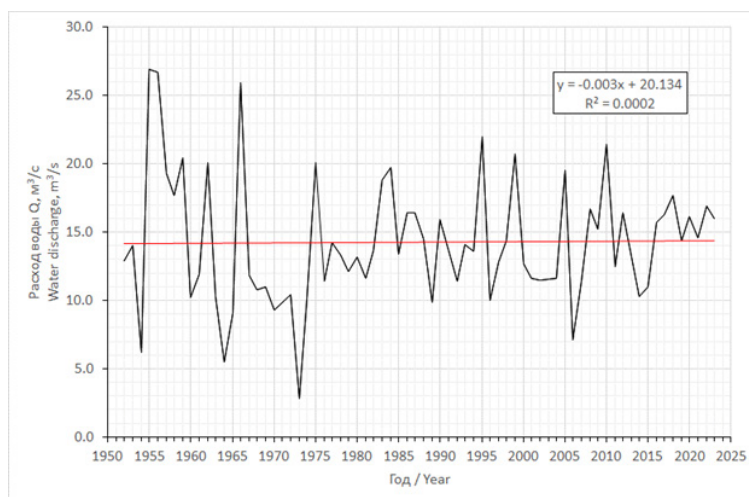


Рис. 6. График максимальных расходов воды р. Оредеж — д. Чикино (1952–2023 гг.)

Fig. 6. Graph of maximum water flow rates of the Oredezh River — Chikino village (1952–2023)

На рис. 6 представлен график максимальных расходов воды.

По графику (рис. 6) видно, что с начала наблюдений до примерно 1975 г. дисперсия ряда значительно превышает дисперсию за период 1976–2023 гг., в 4,3 раза. При этом отношение средних значений между теми же временными промежутками времени равно 0,98.

Оценка данного ряда на наличие тренда показала, что таковой отсутствует, и ряд

является статистически стационарным. Рассчитанные значения приведены в табл. 1.

Гистограмма (рис. 7) описывает внутригодовое распределение максимальных расходов воды за многолетний период.

Перед тем как рассчитать расходы различной обеспеченности, ряды исходных данных проверены на значимость линейного тренда (табл. 1). Для среднегодовых расходов тренд оказался значимым.

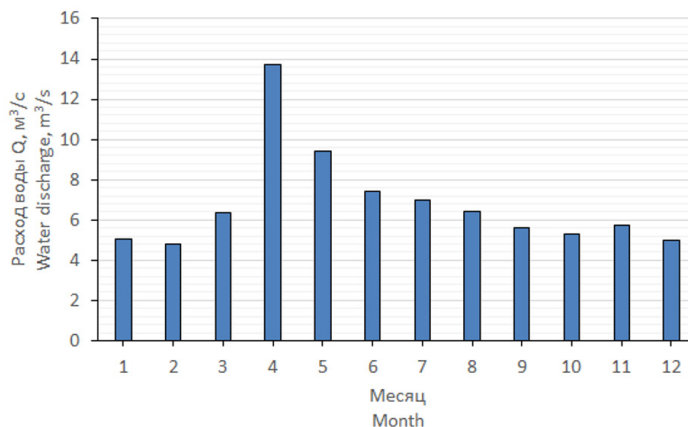


Рис. 7. Гистограмма осредненных по месяцам максимальных расходов воды р. Оредеж — д. Чикино (1976–2023 гг.)

Fig. 7. Histogram of monthly average maximum water discharges of the Oredezh River — Chikino village (1976–2023)

**Таблица 1**  
**Сводная таблица оценки линейного тренда рядов данных**  
 Table 1  
 Summary table of linear trend estimation for data series

Ряд данных A set of data	$R/\sigma_R$	$t_{2\alpha\%}$	Тренд Trend
среднегодовых расходов average annual water discharge	12,24	2	значим significant
максимальных расходов maximum water discharge	-0,1	2	не значим insignificant

Проверка рядов на однородность проведена с использованием критериев Фишера и Стьюдента. Если расчетное значение этих статистик ( $F_{2\alpha\%}$  и  $t_{2\alpha\%}$ ) при уровне значимости

$2\alpha$ , равном 5 %, превышает критическое значение ( $F^*$  и  $|t^*|$ ), то гипотеза об однородности ряда не опровергается. Рассчитанные значения приведены в табл. 2.

**Таблица 2**  
**Сводная таблица оценки однородности рядов данных**  
 Table 2  
 Summary table of the homogeneity assessment of data series

Ряд данных A set of data	$ t^* $	$t_{2\alpha\%}$	Гипотеза Hypothesis	$F^*$	$F_{2\alpha\%}$	Гипотеза Hypothesis
среднегодовых расходов average annual water discharge	-5,75	1,67	опров. is rejected	1,24	2,03	опров. is rejected
максимальных расходов maximum water discharge	-0,12	2	опров. is rejected	2	2,02	не опров. is not rejected

Для получения расходов различной обеспеченности построены аналитические кривые, согласно СП 529.1325800.2023 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик».

Согласно п. 5.1.1 СП 529.1325800.2023, «продолжительность периода наблюдений считают достаточной, если рассматриваемый период репрезентативен, а относительная средняя квадратическая погрешность расчетного значения исследуемой гидроло-

гической характеристики не превышает 10 % для годового и сезонного стоков и 20 % — для максимального и минимального стоков». Соответственно, в рассматриваемом случае (табл. 3) продолжительность периода наблюдений достаточна.

Для построения аналитической кривой использованы ординаты Крицкого — Менкеля. Полученные значения представлены в табл. 4.

По данным табл. 4 построены аналитические кривые (рис. 8, 9).

**Таблица 3**  
**Основные статистические характеристики**  
 Table 3  
 Main statistical characteristics

Ряд данных A set of data	$n$	$Q_{cp}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$\epsilon Q_{cp}$ , %	$\epsilon C_v$ , %	$\epsilon C_s$ , %
среднегодовых расходов average annual water discharge	67	4,51	0,32	0,30	0,94	4,0	9,0	115
максимальных расходов maximum water discharge	69	14,3	0,33	0,56	1,67	4,1	9,0	164

**Таблица 4**  
**Ординаты кривой Крицкого — Менкеля для среднегодовых расходов**  
**р. Оредеж — д. Чикино ( $Q_{cp} = 4,51$  м<sup>3</sup>/с,  $C_v = 0,32$ ,  $C_s/C_v = 1$ ) и для максимальных расходов**  
**( $Q_{cp} = 14,3$  м<sup>3</sup>/с,  $C_v = 0,33$ ,  $C_s/C_v = 2$ )**  
 Table 4  
 Ordinates of the Kritsky — Menkel curve for average annual discharges of the Oredezh River —  
 Chikino village ( $Q_{cp} = 4,51$  м<sup>3</sup>/с,  $C_v = 0,32$ ,  $C_s/C_v = 1$ ) and for maximum discharges  
 ( $Q_{cp} = 14,3$  м<sup>3</sup>/с,  $C_v = 0,33$ ,  $C_s/C_v = 2$ )

$P$ , %	0,01	0,1	1	5	10	25	50	75	90	95	99	99,9
$k_p$ , %	2,35	2,11	1,82	1,56	1,43	1,21	0,98	0,77	0,60	0,50	0,35	0,22
Среднегодовые расходы, м <sup>3</sup> /с Average annual water discharge, м <sup>3</sup> /s												
$Q_p$	10,6	9,46	8,16	7,00	6,42	5,45	4,41	3,46	2,69	2,27	1,58	0,98
Максимальные расходы, м <sup>3</sup> /с Maximum water discharge, м <sup>3</sup> /s												
$Q_p$	39,0	33,5	27,5	22,8	20,6	17,0	13,9	10,8	8,61	7,50	5,59	3,95

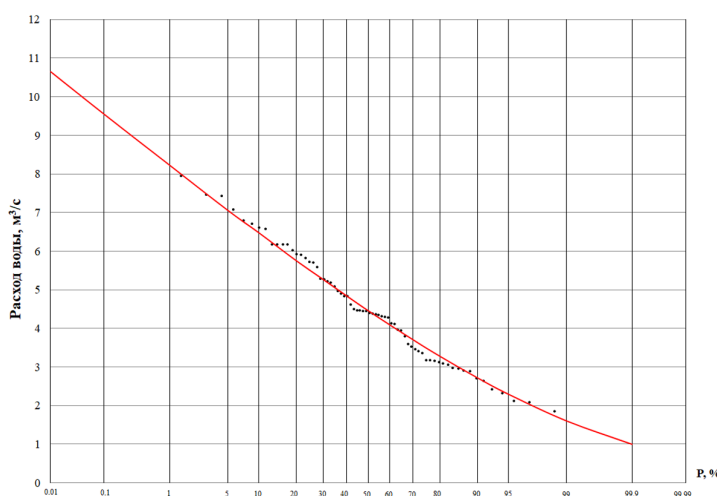


Рис. 8. Аналитическая кривая Крицкого — Менкеля среднегодовых расходов р. Оредеж — д. Чикино;  
 $Q_{cp} = 4,51$  м<sup>3</sup>/с,  $C_v = 0,32$ ,  $C_s/C_v = 1$   
 Fig. 8. Analytical curve of Kritsky — Menkel average annual discharge of the Oredezh River — Chikino village;  
 $Q_{cp} = 4,51$  м<sup>3</sup>/с,  $C_v = 0,32$ ,  $C_s/C_v = 1$

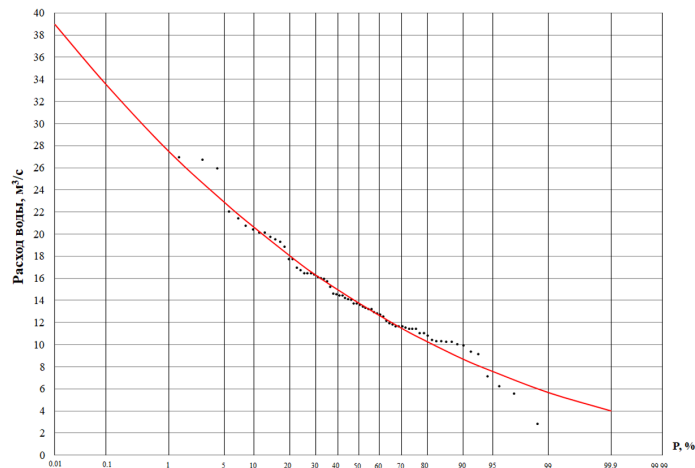


Рис. 9. Кривая Крицкого — Менкеля максимальных расходов р. Оредеж — д. Чикино;  $Q_{cp} = 14,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0,33$ ,  $C_s/C_v = 2$   
 Fig. 9. Kritzky — Menkel curve of maximum discharges of the Oredezh River — Chikino village;  $Q_{cp} = 14,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0,33$ ,  $C_s/C_v = 2$

Для обеспечения безопасности движения поводнотранспортным системам местного значения помимо знания о расходах воды необходимо иметь представление и об уровнях воды. Соответственно, строится кривая расходов  $Q = f(H)$ , связывающая расходы и уровни воды.

Кривая расходов строится по эмпирическим данным и экстраполируется по необхо-

димости до фактических зафиксированных максимальных значений уровня или расхода.

На рис. 10 приведена кривая  $Q = f(H)$  за 2020 г., продленная до максимального измеренного за весь период наблюдений значения расхода воды методом линейной тенденции (экстраполяции).

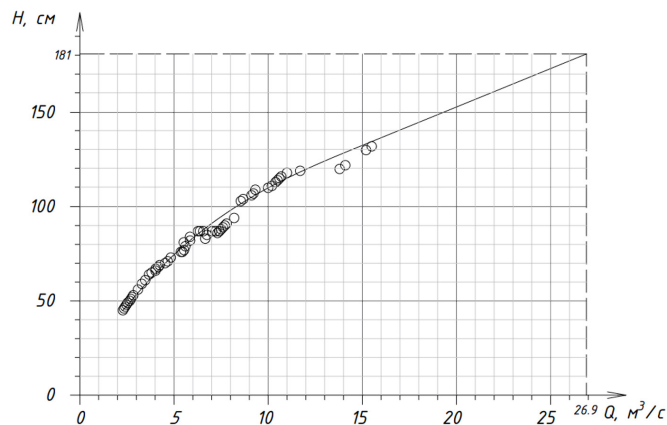


Рис. 10. Кривая  $Q = f(H)$  р. Оредеж — д. Чикино за 2020 г. (исторический максимум в  $26,9 \text{ м}^3/\text{с}$  наблюдался в 1955 г.)  
 Fig. 10. KCurve  $Q = f(H)$  r. Oredezh — village Chikino for 2020 (the historical maximum of  $26,9 \text{ м}^3/\text{с}$  was observed in 1955)

**Обсуждение результатов**

Проведенный анализ многолетней динамики стока р. Оредеж выявил ряд важных закономерностей, имеющих практическое значение для управления водными ресурсами и обеспечения безопасности водного транспорта.

1. Установленный положительный тренд роста среднегодовых расходов воды (с  $3,45$  до  $5,45 \text{ м}^3/\text{с}$ ) согласуется с обще-региональными климатическими изменениями, отмечаемыми в последние десятилетия. Увеличение зимних температур и изменение режима осадков привели к перераспределению источников

питания реки — росту доли дождевого стока и уменьшению роли снежного питания. Выделенные квазистационарные периоды (1953–1986 гг. и 1987–2023 гг.) демонстрируют различный характер внутригодового распределения стока, что требует уточнения нормативов водопользования.

2. Отсутствие статистически значимого тренда в рядах максимальных расходов ( $14,3 \text{ м}^3/\text{с}$  в среднем) указывает на сохранение устойчивости к экстремальным гидрологическим явлениям.

3. Смещение максимума половодья с апреля на май и увеличение продолжительности периода повышенных расходов требуют корректировки сроков навигации и противопаводковых мероприятий. Установленное увеличение меженных расходов в 1,53 раза улучшает условия для малого судоходства в летне-осенний период.

4. Реконструкция сооружений Чикинской ГЭС в 2010 г. привела к изменению термического режима реки (появление протяженных полыней), что требует дополнительного изучения. Прекращение регулярного дноуглубления и расчистки русла увеличивает риски для судоходства на отдельных участках.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными других исследователей по малым рекам Северо-Запада России [13], подтверждая общую тенденцию изменения гидрологического режима под влиянием климатических факторов. Однако выявленные особенности стока р. Оредеж, связанные с геологическим строением бассейна и наличием каскада ГЭС, подчеркивают необходимость индивидуального подхода к управлению ее водными ресурсами.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных данных для планирования сроков навигации, оценки влияния климатических изменений на водный режим реки.

Перспективным направлением дальнейших исследований является детальное моделирование гидрологического режима с учетом прогнозных климатических сценариев и антропогенной нагрузки.

### Заключение

Проведенное исследование изменчивости стока р. Оредеж в районе гидрологического поста д. Чикино за 1953–2022 гг. позволило получить следующие основные результаты:

1. Выявлен статистически значимый положительный тренд среднегодовых расходов воды с увеличением с  $3,45$  до  $5,45 \text{ м}^3/\text{с}$ , что свидетельствует об изменении гидрологического режима реки под влиянием климатических факторов.
2. Установлено наличие двух квазистационарных периодов (1953–1986 гг. и 1987–2023 гг.) с различными характеристиками стока, что требует дифференцированного подхода к нормированию водопользования.
3. Максимальные расходы воды сохраняют стационарность (в среднем  $14,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ).
4. Произошло смещение максимума половодья с апреля на май и увеличение продолжительности периода повышенных расходов, что необходимо учитывать при планировании навигации и противопаводковых мероприятий.
5. Влияние антропогенных факторов (реконструкция Чикинской ГЭС, прекращение

дноуглубительных работ) проявляется в изменении термического режима и увеличении рисков для судоходства.

Для более точного прогнозирования изменений стока в будущем рекомендуется

продолжить исследования с использованием климатических моделей и расширенного мониторинга гидрологических характеристик. Особое внимание следует уделить оценке влияния антропогенных факторов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. О проблемной ситуации планирования мероприятий по уменьшению ущерба и реагированию на чрезвычайные ситуации в паводкоопасный период на территории субъекта Российской Федерации / А. В. Дмитриев [и др.] // Техносферная безопасность. 2024. № 4 (45). С. 132–138. EDN: WCZTUO.

2. Особенности обеспечения техносферной безопасности объектов и населенных пунктов в условиях ухудшения паводковой обстановки / Е. Н. Неверов [и др.] // Техносферная безопасность. 2024. № 4 (45). С. 115–131. EDN: EIOJXZ.

3. Статистический анализ чрезвычайных ситуаций природного характера в мире и на территории Российской Федерации / Д. С. Королев [и др.] // Техносферная безопасность. 2023. № 3 (40). С. 131–138. EDN: LYFQBM.

4. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Т. 2. Карелия и Северо-Запад / З. М. Иванов [и др.]. Л., 1978. 661 с.

5. Журавлев С. А., Бузмаков С. В. Оценка максимальных расходов воды весеннего половодья малых рек Северо-Запада в условиях нестационарности климата (на примере р. Тихвинки) // В мире научных открытий. 2015. № 12-2 (72). С. 618–628. EDN: VQZMGJ.

6. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Вып. 5, 7. Л., 1986, 1987.

7. Спутниковые снимки (Яндекс.Карты). URL: <https://clck.su/SUvwD> (дата обращения: 14.10.2025).

8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2, Ч. 1. Карелия и Северо-Запад. Л., 1972. 528 с.

9. Оредеж. URL: <https://clck.su/DleDy> (дата обращения: 14.10.2025).

10. Список гидрологических постов на реках, ручьях, каналах, среднесуточные уровни воды, среднегодовые и максимальные расходы воды по УГМС. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=505> (дата обращения: 01.09.2025).

11. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. URL: <https://gmvo.skniivh.ru> (дата обращения: 01.09.2025).

12. Гидрологические ежегодники. Т. 1. Карелия и Северо-Запад. Л., 1953–2006.

13. Лемешко Н. А., Шалашина Т. Л. Особенности гидрологического режима малых незарегулированных рек Северо-Запада России // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 314–324. EDN: OSAGLZ.

## REFERENCES

1. On the Problematic Situation of Planning Measures to Reduce Damage and Response to Emergencies during the Flood-Prone Period in the Territory of a Subject of the Russian Federation / A. V. Dmitriev et al. // *Technosphere Safety*. 2024. No. 4 (45). P. 132–138. EDN: WCZTUO.
2. Features of Ensuring Technospheric Safety of Facilities and Settlements in Conditions of Worsening Flood Situations / E. N. Neverov et al. // *Technosphere Safety*. 2024. No. 4 (45). P. 115–131. EDN: EIOJXZ.
3. Statistical analysis of natural disasters in the world and in the Russian Federation / D. S. Korolev et al. // *Technosphere safety*. 2023. No. 3 (40). P. 131–138. EDN: LYFQBM.
4. State Water Cadastre. Main hydrological characteristics. T. 2. Karelia and the North-West / Z. M. Ivanov et al. Leningrad, 1978. 661 p.
5. Zhuravlev S. A., Buzmakov S. V. Assessment of maximum water discharges of spring floods of small rivers in the North-West under non-stationary climate conditions (using the Tikhvinka River as an example) // *In the world of scientific discoveries*. 2015. No. 12-2 (72). P. 618–628. EDN: VQZMGJ.
6. Long-term data on the regime and resources of surface waters of land. T. 2. Karelia and the North-West. Iss. 5, 7. Leningrad, 1986, 1987.
7. Satellite images (Yandex.Maps). URL: <https://clck.su/SUvwD> (accessed 14.10.2025).
8. Surface water resources of the USSR. Vol. 2. Part 1. Karelia and the North-West. Leningrad, 1972. 528 p.
9. Oredzh. URL: <https://clck.su/DleDy> (accessed 14.10.2025).
10. List of hydrological posts on rivers, streams, canals, average daily water levels, average annual and maximum water discharges according to UGMS. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=505> (accessed 01.09.2025).
11. Automated Information System for State Monitoring of Water Bodies. URL: <https://gmvo.skniivh.ru> (accessed 01.09.2025).
12. Hydrological yearbooks. T. 1. Karelia and the North-West. Leningrad, 1953–2006.
13. Lemeshko N. A., Shalashina T. L. Features of the hydrological regime of small unregulated rivers of the North-West of Russia // *Questions of geography*. 2018. No. 145. P. 314–324. EDN: OSAGLZ.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Волкова Надежда Александровна**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры водно-технических изысканий Российского государственного гидрометеорологического университета (192007, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79); старший научный сотрудник Арктического и антарктического научно-исследовательского института (199397, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38); РИНЦ ID: 719765; ResearcherID: NBX-9467-2025; ORCID: 0000-0002-9272-4713; e-mail: navolkova@aari.ru

**Шарков Григорий Алексеевич**, инженер Арктического и антарктического научно-исследовательского института (199397, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38); РИНЦ ID: 1294566; e-mail: grisha.sharkov321321@mail.ru

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Nadezhda A. Volkova**, Cand. Sci. (Phys. & Maths.), Associate Professor of Department of Water Engineering Surveys, Russian State Hydrometeorological University (79 Voronezhskaya Street, St. Petersburg, 192007, Russian Federation); Senior Researcher of Arctic and Antarctic Research Institute (38 Bering Street, St. Petersburg, 199397, Russian Federation); RSCI ID: 719765; ResearcherID: NBX-9467-2025; ORCID: 0000-0002-9272-4713; e-mail: navolkova@aari.ru

**Grigory A. Sharkov**, Engineer of Federal State Budgetary Institution "Arctic and Antarctic Research Institute" (38 Bering Street, St. Petersburg, 199397, Russian Federation); RSCI ID: 1294566; e-mail: grisha.sharkov321321@mail.ru